

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

Mikroprocesorové a vestavěné systémy
Spínání světla dle intenzity

1 Úvod

Cieľom tohto projektu je návrh a implementácia vstavanej aplikácie na doske WeMos D1 R32 UNO ESP32¹, ktorá realizuje spínanie LED podľa nameranej intenzity osvetlenia zo senzoru BH1750². Okrem dosky a senzoru systém obsahuje 2 LED diódy, ktorých jas je dynamicky nastaviteľný počas behu aplikácie. Na základe nameranej intenzity je ovládaný jas prvej diódy a pomocou sériovej komunikácie je možné zadať prahovú intenzitu, pri ktorej dôjde ku aktivácii druhej diódy.

Program je napísaný v jazyku C s použitím frameworku ESP-IDF³ a vývojového prostredia PlatformIO⁴.

2 Zapojenie hardware

Senzor a diódy sú na dosku pripojené externe na nepájavom poli a to nasledujúcim spôsobom.

Senzor BH1750

Senzor realizuje meranie svetelnej intenzity a pomocou sériovej zbernice I2C [1] a obsahuje 5 vývodov:

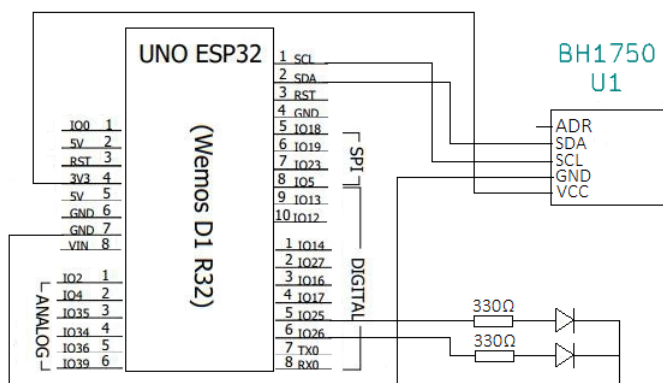
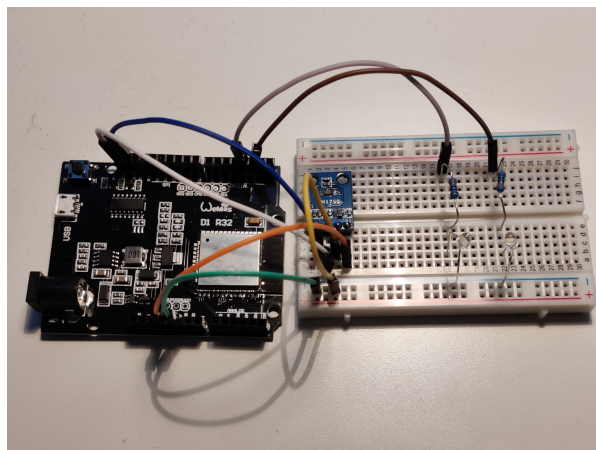
- Napájanie (3.3V) – napojený na ESP32 pin **3V3**
- Uzemnenie – napojený na jeden z ESP32 pinov **GND**
- SCL (Serial clock) – napojený na ESP32 pin **SCL**
- SDA (Serial data) – napojený na ESP32 pin **SDA**
- ADDR – nastavuje adresu senzoru (ak je odpojený alebo pripojený na zem, adresa je 0x23)

LED

LED svetlá sú zapojené na **GPIO** piny **25** a **26**. Medzi LED svetlami a zdrojom sú napojené rezistory s veľkosťou 330Ω, aby došlo ku zmenšeniu prúdu prechádzajúceho LEDkami a nezničili sa.

Celkové zapojenie

Výsledné zapojenie je možné sledovať na nasledujúcich obrázkoch.



Obr. 1: Fyzické zapojenie (a) a schéma zapojenia (b)

¹<https://www.laskakit.cz/wemos-d1-r32-uno-esp32/>

²<https://www.laskakit.cz/snimac-intenzity-osvetleni-bh1750/>

³<https://github.com/espressif/esp-idf>

⁴<https://platformio.org/>

3 Popis riešenia

Táto sekcia popisuje programové riešenie spolu s využitými modulmi ESP32 a dekompozíciou úlohy na podproblémy. Implementácia je v jednom súbore **main.c**, ktorý sa nachádza v zložke **src**. Ostatné súbory boli vygenerované prostredím PlatformIO. Pri implementácii som vychádzal z dokumentácie ESP-IDF⁵ a vzorových príkladov použitia modulov⁶.

3.1 Konfigurácia senzoru

Pre spustenie činnosti senzoru je potrebné senzor po zapojení nakonfigurovať. Podľa dokumentácie [5, str. 4] je nutné poslať senzoru konfiguračnú správu, ktorou vyberieme jeden z modov snímania [5, str. 5]. Od modu snímania závisí presnosť meraní a doba, po ktorej je možné dáta zo senzoru prečítať. V implementácii je použitý mód **Continuously H-Resolution Mode**. Módy je možné meniť nastavením parametru **BH1750_SENZOR_RES**.

3.2 Čítanie dát zo senzoru

Po konfigurácii senzoru je možné pomocou I2C modulu [1] získavať dáta o aktuálnej intenzite osvetlenia. Tento modul je taktiež nutné nakonfigurovať (funkcia **i2c_master_init**) a pomocou funkcie **master_read_slave** je možné načítavať dáta zo senzoru. Dáta sú predávané v poli s veľkosťou 2, pretože senzor najprv odošle vrchnú časť 16 bitového čísla a po nej spodných 8 bitov. Nakoniec je z tohto poľa vytvorené jedno 16 bitové číslo, ktoré reprezentuje intenzitu osvetlenia v miestnosti. Pred jej použitím je nutné číslo **vydeliť hodnotou 1.2** [5, str. 7].

3.3 Načítavanie vstupu od užívateľa

Komunikácia s užívateľom prebieha pomocou modulu UART [2]. Doska ESP32 obsahuje USB-to-UART most, pomocou ktorého je možné priamo z USB pripojenia zadávať konfiguráciu parametrov programu. Pri nastavení modulu UART je potrebné zadať piny Rx a Tx, ktoré sú pre pripojenie cez USB **GPIO 1** a **GPIO 3**⁷.

3.4 Ukladanie parametrov od užívateľa

Užívateľ môže zadávať prahovú intenzitu, pri ktorej dôjde ku aktivovaniu druhej LEDky. Z požiadaviek zadania je nutné, aby táto hodnota ostala v pamäti aj po odpojení dosky od zdroju. Na to slúži modul **NVS** [3].

3.5 Intenzita LED

Poslednou časťou je ovládanie samotných LEDiek. Na nastavenie intenzity žiaru LED svetiel je použitý modul LEDC [4], ktorý generuje PWM signál, ktorým sa táto intenzita nastavuje. Pomocou funkcie **set_led** je možné nastavovať príslušnej LEDke **striedu**. Okrem toho je nutné sa zamyslieť nad mapovaním intervalu hodnôt senzoru na hodnotu striedy LED svetla. Interval hodnôt senzoru je [0, 65535] a striedy (pre parameter konfigurácie diódy **duty_resolution** rovný **LEDC_TIMER_13_BIT**) [0, 8192]. Preto by vzorec na výpočet striedy vyzeral nasledovne:

$$strieda = intenzita \cdot \frac{8192}{65535}$$

Avšak po experimentoch bolo zistené, že priemerné osvetlenie miestnosti sa pohybuje v rádoch niekoľkých stoviek lux. Preto by zachovanie tohoto vzťahu boli bežné zmeny intenzity osvetlenia na LED nepatrné. Kvôli tomu existuje parameter **LEDC_DIV_FACTOR**, ktorý nahrádza maximálnu hodnotu intervalu senzoru. Inými slovami, čím je táto hodnota menšia, tým viditeľnejšie sú malé pri meraní intenzity svetla.

3.6 Spojenie modulov

V hlavnej funkcii programu dochádza ku inicializácii všetkých používaných modulov a vytvoreniu 3 procesov. Prvý proces, **sensor_task**, má za úlohu načítať dáta zo svetelného senzoru a uložiť hodnotu aktuálnej intenzity svetla do globálnej premennej **lux**, ktorá je používaná procesom **led_task**. Úlohou tohto procesu je nastavovanie striedy pre jednotlivé diódy. Pre druhú diódu pracuje s prahovou intenzitou, ktorú načítava priamo z NVS. Posledným procesom je **uart_task**, ktorý ukladá hodnotu prahovej intenzity zadanú užívateľom.

⁵<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/index.html>

⁶<https://github.com/espressif/esp-idf/tree/master/examples>

⁷<https://www.esp32.com/viewtopic.php?t=13145>

4 Záver

V projekte sa podarilo implementovať všetky body zo zadania. Preto navrhujem na základe hodnotiaceho kľúču bodové hodnotenie 14 bodov. Taktiež ku predstaveniu projektu existuje demonštračné video, ktoré je možné nájsť na [tomto odkaze](#).

Literatúra

- [1] Espressif Systems (Shanghai) Co., L.: Inter-Integrated Circuit (I2C). 2016, [Online; vid. 11. 12. 2022].
URL <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/i2c.html>
- [2] Espressif Systems (Shanghai) Co., L.: Inter-Integrated Circuit (I2C). 2016, [Online; vid. 11. 12. 2022].
URL <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/uart.html>
- [3] Espressif Systems (Shanghai) Co., L.: Inter-Integrated Circuit (I2C). 2016, [Online; vid. 11. 12. 2022].
URL https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/storage/nvs_flash.html
- [4] Espressif Systems (Shanghai) Co., L.: Inter-Integrated Circuit (I2C). 2016, [Online; vid. 11. 12. 2022].
URL <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-reference/peripherals/ledc.html>
- [5] ROHM Co., L.: Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC. 2011, [Online; vid. 11. 12. 2022].
URL <https://drive.google.com/file/d/14TgYoCILyeGwoYwKgY8J0QdRMJRrRjMa/view>